- Статьи
- Биология

Лишайники как биоиндикаторы загрязнения атмосферного воздуха

Проблема загрязнения окружающей среды является одной из глобальных проблем современной цивилизации. В связи с развитием промышленности и транспорта в биосферу поступает большое количество вредных выбросов. На Земле практически

нет места, куда бы не поступали в той или иной концентрации загрязняющие вещества. Среди них большой удельный вес имеют сернистый газ, оксид углерода, сероводород, аммиак, а также копоть, пепел, твердые частицы. При изучении степени загрязнения окружающей среды промышленными объектами важна реакция биологических объектов на поллютанты. Уникальные свойства лишайников позволили использовать их для общей оценки степени загрязненности атмосферы. На основе этого стало развиваться особое направление индикационной экологии — лихеноиндикация [1].

Лишайники выбраны объектом глобального биологического мониторинга, поскольку они распространены по всему Земному шару и поскольку их реакция на внешнее воздействие очень сильна, а собственная изменчивость незначительна по сравнению с другими организмами. Лишайники чутко реагируют на характер и состав субстрата, на котором они растут, на микроклиматические условия и состав воздуха. В силу чрезвычайного «долголетия» лишайников их можно использовать для датировки возраста различных предметов на основе измерения их слоевищ — в диапазоне от нескольких десятилетий до нескольких тысячелетий.

Чувствительность лишайников к загрязнению воздуха определяется:

- симбиотической природой;
- большой абсорбционной поверхностью (все вещества, включая газообразные и растворенные в воде поллютанты, поглощаются всей поверхностью таллома);
- высокой гидрофильностью;
- средой обитания (осадки, стекающие по стволу, содержат значительно более высокие концентрации поллютантов, чем осадки на открытых местах);
- длительностью жизни.

Используя лишайники, легко организовать систему биомониторинга — систему долгосрочных наблюдений за изменением степени загрязнения по состоянию биологических тест-объектов.

Для этого проводят измерение проективного покрытия лишайников по системе постоянных пробных площадок (если предполагаемый тренд загрязнения достаточно велик) либо переменных пробных площадок (если тренд загрязнения мал) и получают средние значения проективного покрытия для исследуемой территории. Затем через определенный промежуток времени проводят повторные измерения проективного покрытия. По изменению как общего проективного покрытия, так и отдельных видов можно, используя шкалы чувствительности лишайников, судить о тренде загрязнения. Установлено, что наиболее удобными для изучения загрязнения атмосферного воздуха являются эпифитные лишайники, так как стволы деревьев подвергаются более сильной циркуляции воздуха круглогодично, и эпифиты получают все необходимые вещества из атмосферы, а дерево служит им только местом для прикрепления. Лишайники-эпифиты, т.е. лишайники, обитающие на коре деревьев, являются организмами, чувствительными к изменению содержания в воздухе ряда химических элементов и соединений, входящих в состав выбросов большинства промышленных производств. К числу важнейших по влиянию на окружающую среду химических веществ этого ряда относятся сернистый ангидрид, окислы азота, тяжелые металлы, фториды.

Также удобство заключается в том, что эпифитные лишайники обитают в более однородных условиях существования, чем напочвенные и эпилитные лишайники. Существует факт, что при повышении загрязненности воздуха первыми исчезают кустистые, затем листоватые и потом уже накипные формы лишайников [2].

Лишайниковая флора является лучшим индикатором загрязнения окружающей среды, так как численность и видовой состав лишайников резко возрастают или убывают на определенном расстоянии от источника загрязнения. При этом у лишайников наблюдаются морфологические изменения, а также накопление элементов загрязненного воздуха. Они способны аккумулировать тяжелые металлы, что используется при составлении карт загрязненности городов и территорий [3].

Лихеноиндикационные исследования позволяют дать качественную оценку состояния приземного воздуха. Нитрофильные виды лишайников указывают на загрязнение воздуха соединениями азота. Сильное кратковременное загрязнение ведет к гибели лишайников, а долговременное влияние вызывает их угнетение [4].

Методы с использованием лишайников можно разделить на несколько групп.

1. **Исторический анализ**. Возможен при хорошей изученности лихенофлоры данного района, когда можно сравнить исторические данные с современным состоянием лишайников;

2. **Градиентный анализ**. Используется для оценки влияния источника загрязнения по градиенту к фоновому району. Дает хорошие результаты в случае точечных и единичных источников загрязнения. Гораздо хуже работает в случае множественных источников загрязнения.
3. **Картирование**. Составление карт распространения лишайников с использованием видовой оценки, различных индексов и т.д.

Загрязнение атмосферного воздуха влияет на интенсивность фотосинтеза и дыхательную способность лишайников. По мере повышения уровня загрязненности можно наблюдать уменьшение интенсивности фотосинтеза и, наоборот, увеличение дыхательной способности. Отношение дыхательной способности лишайников к потенциальной интенсивности фотосинтеза в большинстве случаев возрастает, а иногда и превышает контрольный уровень в 2–3 раза [5].

Лишайники очень чувствительны к широкому спектру естественных и антропогенных факторов, их произрастание на деревьях характеризуется микроклиматическими условиями (влажность, освещенность, атмосферные условия) и особенностями субстрата (микроструктура поверхности, химия и pH коры) [6].

Использование лишайников в биоиндикации может дать быстрый, простой и дешевый доступ к информации, характеризующей степень атмосферного загрязнения, особенно в городских и промышленных районах. Они, в отличие от высших растений, лишены восковой кутикулы для защиты от влияния окружающей среды или снижения водных потерь. Из-за медленного роста и долгой жизни на них серьезно влияют химические или другие загрязняющие вещества, их убивает дым больших городов. Роль лишайников как биоиндикаторов загрязнения атмосферы известна давно, но в настоящее время новым является интенсивное исследование состояния окружающей среды специфических регионов с помощью лишайников, что привело к более частому их использованию [7].

Распределение лишайников на территории зависит от многих причин, в том числе и от степени загрязнения воздуха. Они могут служить индикаторами его чистоты. Особенно заметна разница в количестве и видовом составе лишайников при сравнении их флоры в естественных и культурных фитоценозах (например, в городских зеленых насаждениях). Имеются виды лишайников, устойчивых (полеотолерантных) к городской среде и неустойчивых. Выявлена корреляция между загрязнением воздуха отходами промышленных производств (серным диоксидом, окислами азота, соединениями фтора и т.п.) и видовым разнообразием лишайников: чем выше загрязнение воздуха, тем менее богата их флора. Наиболее устойчивы к загрязнению некоторые виды: *Xanthoria, Physcia, Anaptychia, Lecanora* и др. [8].

Получены данные в результате исследований оценки качества воздушной среды окрестностей городов с использованием анализа эпифитного лишайникового покрова на постоянных пробных площадях, расположенных на территориях естественных зеленомощных сосновых насаждений, непосредственно примыкающих к границе города. На основе этих данных установлено, что значения характеристик эпифитного лишайникового покрова, такие как общее линейное покрытие, среднее число видов, покрытия доминантных видов, содержание серы и азота в талломах в пригороде значимо отличаются от данных характеристик в фоновом районе. Для окрестностей характерно уменьшение доли участия самых чувствительных к загрязнению — кустистых видов и увеличение доли накипных видов по сравнению с фоновой территорией [9].

На основании встречаемости и видового разнообразия доминантных видов, таких как леканора *(Lecanora carpinea)* и пармелия *(Parmelia caperata)* можно установить примерную среднегодовую концентрацию оксидов серы в разных районах города. Результаты исследований, проведенных Н.Л.Максимовой и И.М.Афанасьевой методом лихеноиндикации, позволяют уточнить зонирование территории города по уровню загрязненности воздушной среды и рассчитать степень экологического риска для здоровья населения [10].

На основе изучения видового разнообразия лишайниковой флоры городов путем нанесения на карту-схему города результатов исследований можно выделить зоны с различным уровнем состояния городской среды. Эти зоны выделяются с учетом числа выявленных видов лишайников, их жизненности и степени встречаемости в квадратах. Прерывистость зон характеризуется развитием транспортной системы и расположением промышленных предприятий [11].

В естественных условиях произрастания содержание тяжелых металлов в эпигейных лишайниках больше, чем в эпифитных, что, скорее всего, связано с особенностями субстрата, на которых они растут. В эпифитных лишайниках, произрастающих в городской местности, концентрация трехвалентного железа Fe (III) больше, чем в лишайниках сельской местности. Вероятно, большая часть токсичных веществ аккумулируется в эпифитных лишайниках. Поэтому их целесообразнее использовать в качестве тест-объектов загрязненности окружающей среды [12].

Ядро лихенофлор урбанизированных территорий составляют устойчивые к загрязнению виды лишайников. Снижение биоразнообразия лишайников в городских условиях зависит не только от степени загрязнения, но и от конкретных экологических условий, в которых обитают лишайники [13].

Под действием атмосферного загрязнения наблюдается трансформация лихеносинузий. На основе метода лихеноиндикации можно проводить картирование атмосферного загрязнения городов. Полученнные данные по видовому разнообразию и чувствительности отдельных видов лишайников в данных климатических условиях, а также данные о накоплении слоевищами лишайников тяжелых металлов и радионуклидов позволяют использовать лишайники в долгосрочном мониторинге состояния городской среды, а также оценить распространение загрязнителей от стационарных источников и автотраспорта [14].

Экологический мониторинг окружающей среды является одним из важных и перспективных методов контроля антропогенного воздействия на природную среду обитания живых организмов. В организации такого мониторинга лишайники давно зарекомендовали себя наиболее информативным, экономичным объектом. Многими экспериментами установлена способность лишайников аккумулировать и тяжелые металлы. Причем каждый вид лишайника обладает избирательностью по отношению к отдельным элементам. Все эти особенности лишайников являются уникальной основой для использования этой группы растений для решения вопросов качества экологического состояния природной среды и оценки техногенной нагрузки в экосистемах [15].

В талломах *Hypogymnia physodes (L.) Nyl.*, произрастающих на стволах *Abies sibirica Ldb., Picea obovata Ldb., Pinus sylvestris L., Betula pendula Roth., Betula pubescens Ehrh.*, в зоне действия медеплавильного завода концентрации металлов различны. Максимальные концентрации металлов содержатся в лишайниках, собранных со стволов березы. В талломах, собранных со стволов сосны, обнаружены максимальные, по сравнению с талломами других видов хвойных, концентрации. Несколько ниже содержание металлов в талломах со стволов пихты и ели. В качестве возможной причины возникновения такой закономерности можно назвать наличие ажурной кроны у березы и сосны, которая легко пропускает жидкие осадки, содержащие растворенные поллютанты. Кроме того, большую часть года у березы отсутствует листва, что обеспечивает свободный доступ к лишайникам частиц и ионов металлов из сухих и мокрых выпадений. Кроны пихты, и, в наибольшей степени, ели способны задерживать жидкие осадки и отводить их в сторону от ствола, препятствуя формированию стволового стока, который богат элементами и служит одним из основных источников поступления металлов в эпифитные лишайники [16].

Под воздействием химических комбинатов у лишайников наблюдаются уменьшения размеров талломов, изменение цвета исследованных лишайников и проективного покрытия [17].

В различных зонах урбоэкосистемы (центр, периферия, парковая зона, пригород и фоновый участок) металлоаккумулирующая способность эпифитных лишайников и лихеносинузий различна. По содержанию тяжелых металлов (Cd, Cu, Pb, Zn) лишайники, собранные в различных зонах города, существенно различаются. Концентрации тяжелых металлов в слоевищах находятся в зависимости от их содержания в атмосферном воздухе, условий местообитания лишайников и физиологических особенностей каждого вида [18].

По данным литературы независимо от места произрастания и рода лишайников в микроэлементном составе отмечено максимальное содержание Mn, Ti, Zn, но в зависимости от места произрастания установлено изменение содержания V, Li, Mo, Ag, Nb, и накопление металлов не является стабильным, а зависит от уровня антропогенной нагрузки [19].

Лишайники активно поглощают металлы из воздуха и воды и пассивно отдают их обратно. Таким образом, лишайники накапливают металлы в период всей своей жизни и способствуют проникновению их в трофические цепи. Научно доказана прямая зависимость между содержанием тяжелых металлов в лишайниках и оленине [20].

Результаты изучения распределения и токсичности Cd в талломах макролишайника *Xanthoria parientina,* обрабатывавшихся 0; 4,5; 9; 18 или 36 мкг Cd в течение 24 или 48 часов, свидетельствуют о том, что наивысшая концентрация Cd вызывала ультраструктурные изменения в микои фотобионте, особенно у последнего, снижая общее содержание хлорофилла и последовательно гася его автофлуоресценцию. Также отмечена иммобилизация клеточной стенки обоих бионтов и связывание Cd в виде концентрических образований в микобионте. Водорослевый партнер оказался чувствительнее к Cd-стрессу из-за наличия тонких чувствительных компонентов типа хлоропластов и фотосинтетических пигментов [21].

На лишайники самое отрицательное влияние оказывает двуокись серы (SO_2). Экспериментально установлено, что это вещество в концентрации 0,03–0,1 мг/м3 (30–100 микрограмм/м3) начинает действовать на многие виды лишайников. В хлоропластах клеток водорослей появляются бурые пятна, начинается деградация хлорофилла. Концентрация двуокиси серы в 0,5 мг/м3 губительна для всех видов лишайников, произрастающих в естественных ландшафтах. Однако имеется группа полеотолерантных (выносливых по отношению к загрязнениям) видов, которые могут существовать в довольно загрязненном воздухе.

Помимо двуокиси серы, на лишайники губительно действуют и другие загрязнители — окислы азота (NO, NO_2), окись углерода (CO, CO_2), соединения фтора и другие. Кроме того, в городах сильно изменены и микроклиматические условия: города «суше» по сравнению с естественными ландшафтами (примерно на 5 %), теплее на 1–3°, беднее светом. Распределение индикаторных видов лишайников на деревьях, например на березе повислой и тополе бальзамическом, хорошо

характеризует окружающую среду. Так, если имеются индикаторы кислой среды *Evernia mesomorpha, Parmelia sulcata, Melanelia olivacea,* то можно наблюдать «деацидификацию» коры березы и защелачивание коры тополя. Импактную зону загрязнения характеризуют *Ramalina sp.* и *Flavopunctelia soredica,* городскими (синантропными) видами являются *Physcia aipolia, Ph. Adscendens, Caloplaca cerina,* высокотолерантны к загрязнению *Candelariella aurella и Lecanora hagenii* [22].

Установлено, что с повышением возраста древостоя количество деревьев с наличием лишайников и их видовое разнообразие увеличиваются. Лесоосушение повышают флористическое богатство и встречаемость деревьев, заселенных *Parmeliopsis pallescens, Parmelia ambiqua, Usnea dasypoga* в приканальной полосе. Только вблизи осушителя встречается *Parmelia caperata.* Известно, что лишайник *Usnea filipendula* растёт только в местах с очень высоким качеством воздуха (рис. 1) [22].



Рис. 1 Лишайник *Usnea* filipendula

Рис. 1 Лишайник *Usnea* filipendula

Антропогенный фактор оказывает влияние на сокращение лишайников и, прежде всего, кустистых. Покрытие древесных стволов лихенофлорой при продвижении к северу увеличивается [23].

Увеличение атмосферного загрязнения проявляется как в обеднении видового состава и уменьшении среднего проективного покрытия лишайников (вплоть до полного их отсутствия вдоль транспортных магистралей города, в окрестностях промышленных предприятий и во многих дворовых посадках), так и в неморализации лихенофлоры, которая отмечается даже в относительно слабо нарушенных пригородных лесах. Неморализация лихенофлоры проявляется и в увеличении роли неморального элемента, и в смене субстрата для многих неморальных видов. Например, в ненарушенных бореальных лесах виды таких родов, как *Physcia, Phaeophyscia, Physconia, Caloplaca* обычно поселяются на ивах и тополях; в городских же условиях они довольно часто встречаются на березе и в сильно загрязненных районах полностью замещают обычные бореальные виды, такие как *Parmelia sulcata, Flavopunctelia soredica и Hypogymnia physodes* [24].

Разнообразие и обилие лишайниковой флоры зависит от климатических условий, уровня загрязнения воздуха и наличия благоприятного субстрата. Малочисленность и обеднение видового состава лишайников в загрязненных районах — известное явление. Оно привело к выводу, что лишайники являются одной из наиболее чувствительных к загрязнению воздуха группой организмов [25].

Результаты изучения распределения и токсичности Cd в талломах макролишайника *Xanthoria parientina,* обрабатывавшихся 0; 4,5; 9; 18 или 36 мкг Cd в течение 24 или 48 часов, свидетельствуют о том, что наивысшая концентрация Cd вызывала ультраструктурные изменения в микои фотобионте, особенно у последнего, снижая общее содержание хлорофилла и

последовательно гася его автофлуоресценцию. Также отмечена иммобилизация клеточной стенки обоих бионтов и связывание Cd в виде концентрических образований в микобионте. Водорослевый партнер оказался чувствительнее к Cd-стрессу из-за наличия тонких чувствительных компонентов типа хлоропластов и фотосинтетических пигментов [26].

Концентрации металлов Fe, Ni, Zn, Cr, Cu и Pb в лишайнике *Phaeophyscia hispidula,* распространенном вдоль дорог, коррелируют с активностью автотранспорта и урбанизацией. Наибольшие коэффициенты наблюдаются у Fe и Cr, пониженные — у Cu и Ni [27].

В литературе имеются данные о распространении эпифитных лишайников в связи с загрязнением среды. Выявлено, что на загрязненных участках сокращается количество заселенных деревьев, число видов и среднее покрытие. Уменьшение покрытия ствола дерева эпифитными лишайниками коррелирует с направлением выбросов [28].

Изучены нарушения в развитии эпифитных лишайников в лесах, подверженных атмосферным загрязнениям, и определены концентрации тяжелых металлов (сера, никель, медь) в талломах. Характеристики лишайникового покрова коррелировали с концентрациями никеля и меди. Однако на некоторых площадках, несмотря на низкий уровень содержания тяжелых металлов, лишайниковый покров был слабым. Эти участки оказались подверженными относительно высокому загрязнению SO2. На распределение загрязнения и развитие лишайников могут оказывать влияние климатические факторы [29].

Таким образом, исследованиями целого ряда ученых доказана биоиндикационная роль лишайников в определении экологического состояния каждого конкретного региона.

Список литературы

1. *Голубкова Н.С., Малышева Н.В.* Влияние роста города на лишайники и лихеноиндикация атмосферных загрязнений г. Казани // Ботан. журн. — 1978. — Т. 63. — № 8. — С. 1145–1152.
2. *Инсарова И.Д., Инсаров Г.Э.* Сравнительные оценки чувствительности эпифитных лишайников различных видов к загрязнению воздуха // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. — Л.: Гидрометеоиздат, 1989. — Т. 12. — С. 113–175.
3. *Абдрахманов О.А., Нуркенова А.Т.* Современное состояние лишайниковой флоры на территории Дегелен Семипалатинского испытательного полигона // Актуальные проблемы экологии: II Междун. науч.-практ. конф. — Караганда,— С. 231–232.
4. *Родникова И.М., Скирина И.Ф., Скирин Ф.В.* Эпифитные лишайники Приханкайской равнины как показатель состояния приземного воздуха (Приморский край) // Антропогенная динамика природной среды: Материалы Междунар. науч.практ. конф. — Пермь, 2006. — С. 281–285.
5. *Домнина Е.А., Шапиро И.А., Быков О.Д.* Изменение фотосинтеза и дыхания лишайников в районе Кирово-Чепецкого химического комбината // Ботан. журн. — 2007. — Т. 92. — № 4. — С. 515–523.
6. *Отнюкова Т.Н., Секретенко О.П.* Лишайники на ветвях Пихты сибирской *(Abies sibirica Ledeb.)* как индикаторы атмосферного загрязнения в лесах // Известия РАН. Сер. биолог. — 2008. — № 4. — С. 479–490.
7. *Трешоу М.Л.* Загрязнение воздуха и жизнь растений: Пер. с англ. — Гидрометеоиздат, 1988. — 535 с.
8. *Макрый Т.В.* Лишайники Байкальского хребта // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. — Новосибирск, —С. 123–126.
9. *Тарасова В.Н., Евсеева И.В.* Многолетний мониторинг окрестностей г. Петрозаводска методом лихеноиндикации // Европа в XXI веке: природа, культура, экономика: Материалы Междунар. конф., посвящ. 60-летию КарНЦ РАН. — Петрозаводск, 2006. — С. 214–216.
10. *Максимова Н.Л., Афанасьева И.М.* Диагностика загрязнений воздушной среды с помощью эпифитных лишайников // Грибы и водоросли в биоценозах: Материалы Междунар. конф., посвящ. 75-летию биолог. фак-та МГУ им. М.В.Ломоносова. — М., 2006. — С. 103–104.
11. *Коровина Е.Ю.* Лишайники города Ельца: Видовое разнообразие и особенности распределения // Антропогенное влияние на флору и растит.: Материалы II науч.-практ. регион. конф. — Липецк, 2007. — С. 92–95.
12. *Меньшикова М.Ф.* Содержание тяжелых металлов в эпифитных и эпигейных лишайниках в условиях трансплантации // 7-е Студенческие Ломоносовские чтения: Материалы науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых. — Архангельск, 2005. — С. 154–156.
13. *Гагарина Л.В., Шкраба Е.М.* Биоразнообразие и экология лишайников урбанизированных территорий // Фундамент и приклад. исследования в биологии и экологии: Материалы Регион. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. — Пермь, 2007. — С. 192–194.
14. *Свирко Е.В.* Лишайники — биоиндикаторы атмосферного загрязнения г. Новосибирска: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Центр. Сиб. ботанический сад СО РАН. — Новосибирск, 2006. — 16 с.
15. *Айдарханова Г.С., Полтавцева В.П., Абдрахманов О.А.* Авторадиографическое исследование лишайников с территории СИП // Актуальные проблемы экологии: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. — Караганда: Изд-во КарГУ, 2003. — С. 237–239.
16. *Шарунова И.П.* Влияние форофита на аккумуляцию тяжелых металлов лишайником *Hypogymnia physodes* // Грибы и водоросли в биоценозах: Материалы Междунар. конф., посвящ. 75-летию биолог. фак-та МГУ им. М.В.Ломоносова. — М., 2006. — С. 174–177.
17. *Домина Е.А.* Влияние загрязнения Кирово-Черкесского химического комбината на внешний вид и проективное покрытие лишайников // Актуальные проблемы регион. эколог. монит.: научный и образовательный аспекты: Материалы Всерос.

науч. шк. — Киров, 2005. — С. 85–86.
18. *Сионова Н.А., Криворотов С.Б.* Использование эпифитных лишайников как биоиндикаторов загрязнения атмосферного воздуха урбоэкосистемы г. Краснодара // Изв. вузов. Сев-Кавк. региона. Естеств. науки, 2007. — № 1. — С. 83–85.
19. *Свирко Е.В.* Лишайниковые синузии в лесных сообществах на территории г. Новосибирска // Исследования молодых ботаников Сибири: Тез. докл. II молод. конф. — Новосибирск, 2004. — С. 58–59.
20. *Соловьева М.И., Кудинова З.А.* Исследование распределения микроэлементов в лишайниках, произрастающих в зонах антропогенного воздействия // Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов–2007». — М., — С. 77–78.
21. *Страховенко В.Д.* Биогеохимические исследования распределения (с оценкой баланса) химических форм радионуклидов и тяжелых металлов в слоях кустистых лишайников и в системе «атмосфера и субстрат–лишайник–олень» // Науки о земле: Итоговые аннотированные отчеты 2004 года по проектам РФФИ. — М., 2006. — С. 677–679.
22. *Крючкова О.Е., Отнюкова Т.Н.* Экология индикаторных видов эпифитных лишайников в г.Красноярске // Вестн. Краснояр. гос. ун-та. Сер. Естеств. науки. — Красноярск, 2004. — № 7. — С. 124–130.
23. *Тюкавина О.Н., Астрологова Л.Е.* Экологические особенности эпифитных лишайников в сосновых древостоях Архангельской области // Арханг. гос. техн. ун-т. Вопросы ведения лесного хозяйства на Европейском Севере: Сб. науч. тр. — Архангельск, 2004. — С. 59–66.
24. *Свирко Е.В.* Видовое разнообразие лишайников г. Новосибирска // Тр. Юж.-Сиб. ботан сада. — Новосибирск, 2004. —С. 197–209.
25. *Андерсон Ф.К., Трешоу М.* Реакция лишайников на атмосферное загрязнение. — М., 1984. — С. 295–321.
26. *Васильева Н.П.* Учет эпифитных лишайников при оценке состояния лесов в условиях локального аэротехногенного загрязнения // Биологические рекультивации и мониторинг нарушенных земель: Материалы Междунар. науч. конф. — Екатеринбург, 2007. — С. 64–72.
27. *Shukra Vertika, Upreti K.* Heavy metal accumulation in *Phaeophyscia hispidula en route to Badrinath,* Uttaranchal, India // Environ. Monit. And Assess. — 2007. — 1–3. — С. 365–369.
28. Di Toppi Luigi Sanita, Musetti Rita, Vattuone Zulema, Pawlik-Skowrońska Barbara, Fossati Fabrizia, Bertoli Lorenzo, Badiani Maurizio, Favali Maria Cadmium distribution and effects on ultrastructure and chlorophyl status in photobionts and mycobionts of Xanthoria parientina // Microsc. Res. And Techn. — 2005. — № 5. — С. 229–238.
29. Bjerke Jarle , Tommervik Hans, Finne Tor E., Jensen Henning, Lukina Natalie, Barestuen Vegar. Epiphytic lichen distribution and plant leaf heavy metal concentrations in Russian-Norwegian boreal forests influenced by air pollution from nickelcopper smelters // Boreal Environ Res., 2006. — 6. P. 441–450.

Фамилия автора: В.Л.Тулекбаева, Г.П.Погосян
Теги: Атмосфера Флора Экология
Журнал: Вестник КарГУ
Год: 2009
Город: Караганда
Категория: Биология

Похожие статьи

- Основные источники загрязнения воздуха и экологическая обстановка воздушного бассейна г.Алматы
- К вопросу изученности тугайных лесов и причин их деградации(аналитический обзор)
- Зависимость уровня загрязнения атмосферного воздуха от скорости и направления ветра на примере города Алматы
- Сравнительное экологическое изучение ультраскороспелых сортов и селекционных номеров сои в условиях Костанайской и Алматинской областях
- Демутация деградированной растительности пастбищ

- Отзывы и предложения
- Разместить статью